

Rancang Bangun Turbin Listrik Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) dengan Penggerak Turbin Ventilator Atap

Siti Zaenab Nurul Haq ^{1*}, Adang Riono ²

^{1,2} Teknik Elektro, Universitas Kahuripan Kediri, Indonesia

*Corresponding Author, email: sitizaenab.n@kahuripan.ac.id

Abstract— Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak di garis khatulistiwa, memiliki potensi besar dalam pengembangan energi angin, berkat posisinya yang berada di jalur pergerakan angin tropis. Sehingga, memanfaatkan energi angin merupakan solusi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat dan mendukung transisi menuju sistem energi yang lebih bersih dan berkelanjutan. Indonesia juga telah berkomitmen untuk mencapai *Net Zero Emissions* pada tahun 2060 atau lebih cepat. Untuk mencapai hal ini, sektor energi, termasuk penggunaan Energi Baru Terbarukan (*EBT*), menjadi kunci utama. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan solusi inovatif berupa pengembangan turbin angin jenis *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT) yang lebih efisien di area terbatas, seperti atap bangunan. VAWT memiliki keunggulan dalam menangkap angin dari berbagai arah, menjadikannya lebih cocok untuk lokasi dengan variasi arah angin yang tidak tetap. Metode pengambilan data dilakukan pengukuran pada output listrik dari generator dimana generator yang digunakan pada penelitian ini menghasilkan output tiga fasa, yang kemudian diubah menjadi arus searah (DC) melalui penyearah tiga fasa. Pada rancangan alat ini dapat menghasilkan menunjukkan hubungan linear antara kecepatan rotasi generator (RPM) dan tegangan keluaran, baik AC maupun DC dan energi listrik sebesar 8,512 Volt Alternating current (AC) dan 9,784 Volt Direct Current (DC) Dengan kecepatan angin 12 m/s.

Keywords: angin, energi, listrik, pembangkit, *Vertical Axis Wind Turbine*

Abstrak— Indonesia, as an archipelagic nation situated along the equator, possesses significant potential for wind energy development due to its strategic position within the pathway of tropical wind currents. Accordingly, the utilization of wind energy represents an appropriate solution to meet the country's growing energy demands while supporting the transition toward a cleaner and more sustainable energy system. Furthermore, Indonesia has committed to achieving *Net Zero Emissions* by 2060 or earlier. In pursuit of this target, the energy sector, particularly the use of Energi Baru Terbarukan (*EBT*), plays a pivotal role. This study therefore proposes an innovative solution through the development of a more efficient *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT) that can be deployed in limited spaces, such as building rooftops. VAWT offers the advantage of capturing wind from multiple directions, making them particularly suitable for locations with inconsistent wind patterns. Data collection in this research involved measuring the electrical output of the generator, which in this study produces a three-phase output subsequently converted into direct current (DC) using a three-phase rectifier. The device prototype demonstrates a linear relationship between the generator's rotational speed (RPM) and the output voltage, for both alternating current (AC) and direct current (DC). At a wind speed of 12 m/s, the system is capable of generating 8.512 volts in AC and 9.784 volts in DC.

Keywords: electricity, energy, power generation, Vertical Axis Wind Turbine (VAWT), wind

© 2025 Elektron Jurnal Ilmiah

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak di garis khatulistiwa, memiliki potensi besar dalam pengembangan energi angin, berkat posisinya yang berada di jalur pergerakan angin tropis [1]. Sehingga, memanfaatkan energi angin merupakan solusi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat dan mendukung transisi menuju sistem energi yang lebih bersih dan berkelanjutan [2], [3]. Indonesia juga telah berkomitmen untuk mencapai *Net Zero Emissions* pada tahun 2060 atau lebih cepat. Untuk mencapai hal ini, sektor energi, termasuk penggunaan Energi Baru Terbarukan (*EBT*), menjadi kunci utama [4], [5]. Energi Baru Terbarukan (*EBT*) tenaga angin menggunakan *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT)

adalah salah satu jenis turbin angin yang memiliki keunggulan dibandingkan dengan *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT). *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT) dirancang sedemikian rupa sehingga mampu menangkap angin dari segala arah, menjadikannya lebih fleksibel dan efektif untuk digunakan di area yang memiliki angin dengan arah yang bervariasi [6], [7], [8].

Dengan memanfaatkan aliran udara yang keluar melalui ventilator atap, dapat dihasilkan energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan rumah tangga atau bangunan komersial. Kombinasi antara turbin angin jenis VAWT dan penggerak ventilator atap memberi solusi praktis dan ramah lingkungan untuk menghasilkan energi listrik dari angin. Rancang bangun turbin listrik *Vertical Axis*

Wind Turbine (VAWT) dengan penggerak ventilator atap ini bertujuan untuk mengoptimalkan potensi energi angin yang ada di area-area terbatas, khususnya di atap bangunan. Inovasi Rancang bangun turbin listrik *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)* dengan penggerak ventilator atap diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pemanfaatan energi terbarukan skala kecil atau skala rumah tangga

II. METODE

A. Desain Eksperimen dan Pengaturan Percobaan

Sistem yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari turbin ventilator atap seperti yang di tunjukkan pada Gambar 1 yang berfungsi untuk mengonversi energi angin menjadi energi mekanik. Turbin dipasang pada struktur yang memungkinkan rotasi saat aliran udara menggerakannya. Ketika udara panas yang terangkat dari bawah atap atau aliran udara di bagian atas atap bergerak, ventilator atap akan berputar [6]. Gambar 2 merupakan generator yang digunakan menghasilkan output tiga fasa, yang kemudian diubah menjadi arus searah (DC) melalui penyearah tiga fasa sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 3 [9]. Penyearah 3 fasa adalah suatu metode untuk mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC [10]. Generator adalah bagian dari sistem kinerja listrik di mana energi mekanik dikonversi dari rotasi turbin ke energi listrik menggunakan gaya gerak listrik (GGL) [11].



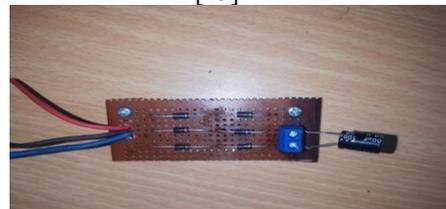
Gambar 1 Ventilator Atap

Pengukuran tegangan keluaran dari generator dilakukan menggunakan multimeter digital yang terhubung langsung ke terminal keluaran generator. Untuk mengukur kecepatan putaran generator, tachometer digunakan untuk mencatat jumlah putaran per satuan waktu. Tachometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran motor, khususnya jumlah putaran yang dilakukan oleh poros dalam satu satuan waktu dan sering digunakan pada motor listrik [12]. Kedua alat ini dipilih karena kemudahan penggunaannya dan ketepatannya dalam memberikan data yang diperlukan untuk analisis kinerja generator.



Gambar 2 Generator

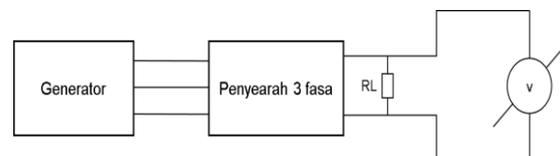
Kecepatan angin diukur menggunakan anemometer yang ditempatkan pada posisi yang representatif untuk menangkap aliran angin yang menggerakkan turbin. Kecepatan angin diubah-ubah dalam tiga kondisi, yaitu 4 m/s, 8 m/s, dan 12 m/s, untuk mengevaluasi pengaruh variasi kecepatan angin terhadap kinerja turbin dan generator. Selain itu, ketika turbin berputar, udara panas akan dikeluarkan dari ruangan, mengurangi kepadatan udara di dalamnya, dan memungkinkan udara dingin dari luar untuk masuk [13].



Gambar 3 Rangkaian penyearah 3 fasa

B. Prosedur Pengujian

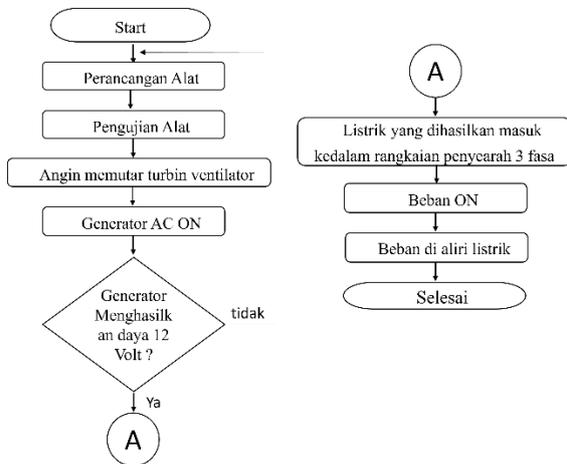
Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental pada kinerja turbin ventilator atap terhadap energi listrik yang dihasilkan pada perancangan *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)* dengan penggerak turbin ventilator atap. Langkah-langkah penelitian dimulai dengan perancangan alat, pengujian alat hingga analisa alat. Pada pengujian alat di ambil beberapa hasil seperti tegangan output alternating current (V_{ac}), tegangan output direct current (V_{dc}) serta putaran generator dari kecepatan 3 kecepatan angin yaitu 4 m/s, 8 m/s dan 12 m/s dengan rangkaian pengujian dijelaskan pada Gambar 4 .



Gambar 4 Rangkaian pengujian V_{out}

Metode penelitian ini dijelaskan melalui *flowchart* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5. Dimulai dengan perancangan alat, proses ini melibatkan desain teknis turbin angin yang efisien, diikuti dengan pengujian alat untuk memastikan kinerjanya. Angin yang memutar turbin menghasilkan energi mekanik yang kemudian dikonversi oleh generator AC menjadi listrik. Selanjutnya, dilakukan verifikasi apakah generator

menghasilkan daya 12 Volt, yang kemudian dialirkan ke rangkaian penyearah tiga fase untuk mengubah arus AC menjadi arus yang dapat digunakan. Listrik yang dihasilkan kemudian diteruskan ke beban yang terhubung, dan proses diakhiri dengan memastikan aliran listrik berjalan dengan lancar.



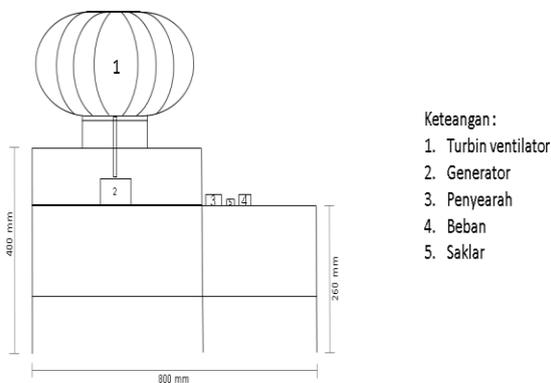
Gambar 5 Flowchart Penelitian

Alat yang dibuat berupa *prototype* sederhana seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 dimana *prototype* dirangkai pada sebuah kerangka kayu yang disambungkan dengan generator listrik lalu disambungkan pada rangkaian penyearah.



Gambar 6 Prototype Alat

Skala yang digunakan untuk membuat *prototype* dapat dilihat pada sketsa rancangan Gambar 7.



Gambar 7 Sketsa Perancangan Alat

Pengukuran dilakukan pada tiga kecepatan angin yang berbeda, yaitu 4 m/s, 8 m/s, dan 12 m/s, untuk mengamati pengaruh variasi kecepatan angin terhadap tegangan dan putaran generator.



(a) (b)

Gambar 8. Pengukuran dengan kecepatan angin 4m/s (a) putaran generator menggunakan tachometer (b) tegangan menggunakan multimeter

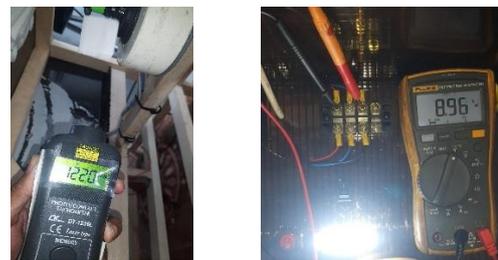
Gambar 8 menunjukkan pengukuran tegangan dan putaran generator pada kecepatan angin 4 m/s, sedangkan **Error! Reference source not found.** menunjukkan pengukuran yang sama pada kecepatan angin 8 m/s



(a) (b)

Gambar 9. Pengukuran dengan kecepatan angin 8m/s (a) putaran generator menggunakan tachometer (b) tegangan menggunakan multimeter

Error! Reference source not found., menggambarkan pengukuran tegangan dan putaran generator pada kecepatan angin 12 m/s. Pengukuran tegangan dilakukan dengan menggunakan multimeter digital yang terhubung langsung untuk membaca tegangan keluaran AC dari generator, sedangkan *tachometer* digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi poros generator dalam satuan waktu.



(a) (b)

Gambar 10. Pengukuran dengan kecepatan angin 8m/s (a) putaran generator menggunakan tachometer (b) tegangan menggunakan multimeter

Tachometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi motor, khususnya untuk menghitung jumlah putaran poros dalam satuan waktu tertentu. Alat ini sering digunakan pada motor listrik untuk memantau kecepatan rotasi poros dan memastikan kinerja motor tetap optimal [14]. Selain pengukuran tegangan dan putaran generator, anemometer juga digunakan untuk mengukur kecepatan angin, yang sangat penting untuk memastikan kecepatan angin yang konsisten selama eksperimen, serta untuk mengkorelasikan perubahan kecepatan angin dengan perubahan dalam kinerja turbin[15]

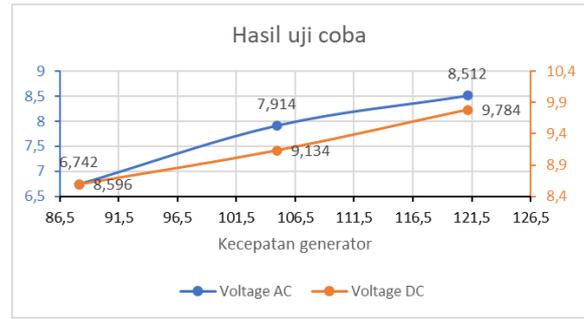
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen dilakukan seperti yang dijelaskan pada Gambar 6, 8, 9, dan 10, yang masing-masing menggambarkan kondisi percobaan untuk VAWT. Pengukuran utama yang diambil selama percobaan adalah tegangan keluaran generator (V_{out}) dan kecepatan putaran (RPM). Tegangan diukur menggunakan multimeter digital yang terhubung langsung ke keluaran generator, sementara RPM diukur menggunakan *tachometer* untuk menilai kecepatan rotasi generator pada berbagai kecepatan angin. Tabel 1 berikut merangkum hasil yang diperoleh dari percobaan ini, dengan data untuk kecepatan angin 4 m/s, 8 m/s, dan 12 m/s.

Tabel 1 Hasil Pengujian Alat

Data kecepatan	Kecepatan (RPM)	Voltage AC (V)	Voltage DC (V)
Angin 4m/s	88,16	6,742	8,596
Angin 8m/s	104,92	7,914	9,134
Angin 12m/s	121,14	8,512	9,784

Gambar 9 menunjukkan grafik hasil percobaan. Data ini menunjukkan hubungan linear antara kecepatan rotasi generator (RPM) dan tegangan keluaran, baik AC maupun DC. Seiring dengan meningkatnya kecepatan angin, kecepatan rotasi generator juga meningkat, yang menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi. Pembangkit listrik turbin listrik VAWT ini mampu menghasilkan daya listrik tertinggi sebesar 8,512 Vac dan 9,784 Vdc pada kecepatan angin 12 m/s dengan putaran generator 121,14 RPM.



Gambar 9 Grafik Hasil Pengujian Alat

Hasil penelitian ini sejalan dengan studi-studi sebelumnya yang menunjukkan hubungan antara kecepatan angin dan keluaran generator dalam sistem energi angin seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 [12]. Namun, penelitian ini memberikan informasi baru dengan memfokuskan pada kinerja VAWT di lingkungan terbatas, seperti atap bangunan, di mana variabilitas kecepatan angin menjadi tantangan yang signifikan. Peningkatan tegangan yang konsisten seiring dengan meningkatnya kecepatan angin mendukung model kinerja turbin angin yang ada, tetapi memberikan nilai tambah dengan menerapkan prinsip-prinsip tersebut pada desain sumbu vertikal dalam kondisi dunia nyata.

Tabel 2 Hasil Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang

Penelitian Terdahulu		Penelitian Sekarang	
Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Generator (Rpm)	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Generator (Rpm)
3,005	764,9	8	104,74

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini dapat membuat *prototype* yang mampu menghasilkan daya listrik tertinggi sebesar 8,512 Vac dan 9,784 Vdc pada kecepatan angin 12 m/s dengan putaran generator 121,14 RPM. Dengan hasil tersebut pembangkit listrik VAWT dengan penggerak turbin ventilator atap dapat digunakan sebagai inovasi pembangkit listrik baru dan terbarukan. Untuk penelitian selanjutnya dapat mengganti generator dengan daya yang lebih besar dan mendesain turbin ventilator sedemikian rupa supaya ringan ketika terkena hembusan angin rendah

REFERENSI

- [1] C. E. Energi, "Menjelajah Potensi Energi Baru Terbarukan," Catur Elang Energi. [Online]. Available: <https://cee.co.id/menjelajah-potensi-energi-baru-terbarukan/#:~:text=Energi Angin Lepas>

- Pantai&text=Indonesia merupakan negara kepulauan dengan,untuk mengubahnya menjadi energi listrik.
- [2] M. Saladin Islami, A. Mochamad, and D. L. Almitra, “Renewables Cities and Regions Roadmap Initial Status. Initial Status Report of Deep-Dive Region Initial Status Report of Deep-Dive Region: West Nusa Tenggara Province,” no. May, 2020.
- [3] A. Pribadi, “Bidik Target NZE 2060, Perencanaan Energi Pegang Peranan Penting,” 2023.
- [4] Kementerian ESDM, “Pemerintah Optimistis EBT 23% Tahun 2025 Tercapai,” Kementerian ESDM Republik Indonesia.
- [5] KESDM, “target penurunan emisi maupun Net Zero Emission,” Kementerian ESDM Republik Indonesia.
- [6] E. Sucie, D. A. Nindito, and A. R. Jaya, “Kinerja Turbin Hidrokinetik Ventilator,” *J. Tek.*, vol. 5, no. 2, pp. 59–64, 2022.
- [7] S. Rehman, Md. Alam, L. Alhems, and M. Rafique, “Horizontal Axis Wind Turbine Blade Design Methodologies for Efficiency Enhancement—A Review,” *Energies*, vol. 11, no. 3, p. 506, Feb. 2018, doi: 10.3390/en11030506.
- [8] M. Khandelwal, P. Mundle, D. Pande, T. Bang, A. M. Chaudhari, and S. Mutha, “Use of roof top ventilator for electricity generation,” *IEEE*, pp. 49–54, 2017.
- [9] G. Ahmad and U. Amin, “Design, construction and study of small scale vertical axis wind turbine based on a magnetically levitated axial flux permanent magnet generator,” *Renew. Energy*, vol. 101, pp. 286–292, 2017, doi: 10.1016/j.renene.2016.08.027.
- [10] H. A. Putri and A. Hamzah, “Pemodelan Konverter AC–DC Tiga Fasa Dua Arah pada Sepeda Listrik Menggunakan Metode SPWM,” *J. Online Mhs. Fak. Tek.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–7, 2017.
- [11] M. Farhan, R. Hidayat, and Y. Saragih, “PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP ARUS EKSITASI GENERATOR UNIT 2 PLTMH CURUG,” *J. SIMETRIK*, vol. 11, no. 1, pp. 398–402, 2021, doi: 10.1016/B978-075066268-0/50005-6.
- [12] J. Jamaludin, “Analisa Pemanfaatan Turbin Ventilator Sebagai Sumber Listrik Skala Rumah Tangga,” *Pros. Simp. Nas. Multidisiplin SinaMu*, vol. 1, 2019, doi: 10.31000/sinamu.v1i0.2138.
- [13] M. C. Hsieh, D. K. Jair, and H. M. Chou, “The Development of a New Type Rooftop Ventilator Turbine,” *Engineering*, vol. 05, no. 10, pp. 16–20, 2013, doi: 10.4236/eng.2013.510a003.
- [14] A. Darmawi and B. Yulianto, “Penggunaan Alat Ukur pada Mesin-mesin Industri Tekstil Sebagai Standar Parameter Kinerja Mesin,” *J. Tekst. J. Keilmuan Dan Apl. Bid. Tekst. Dan Manaj. Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 8–18, 2022, doi: 10.59432/jute.v5i1.18.
- [15] R. Samsinar, R. Septian, and F. Fadliondi, “Alat Monitoring Suhu Kelembapan dan Kecepatan Angin dengan Akuisisi Database Berbasis Raspberry Pi,” *Resist. Elektron. Kendali Telekomun. Tenaga List. Komput.*, vol. 3, no. 1, p. 29, 2020, doi: 10.24853/resistor.3.1.29-36.
- [16] M. W. Pane, Andreas, and R. Samosir, “Perancangan Turbin Angin Vertikal Modifikasi Darrieus Menggunakan Geometri Airfoil Naca 2414,” *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. ENERGY*, vol. 7, no. 2, Jun. 2023, doi: 10.31289/jmemme.v7i2.9456.
- [17] E. H. Herrapstanti, M. E. R. Alamanda, and H. Suryanto, “Studi Pengaruh Kecepatan Angin terhadap Daya Generator pada Turbin Angin Archimedes”.